

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AA

(11)Publication number : 08-082554

(43)Date of publication of application : 26.03.1996

(51)Int.Cl.

G01J 9/02
// H04B 10/08

(21)Application number : 06-217613

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 12.09.1994

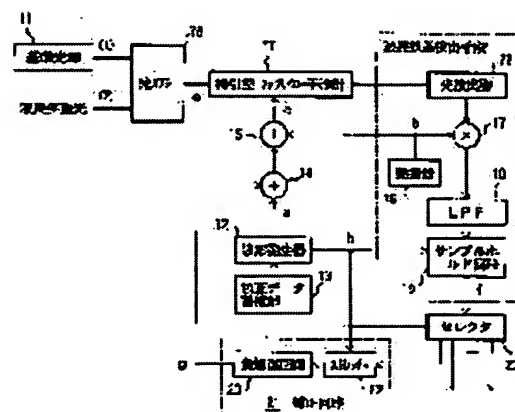
(72)Inventor : TEJIMA MITSUHIRO
IMAOKA ATSUSHI
KOGA MASABUMI
KIHARA MASAMI

(54) WAVELENGTH MONITORING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately and strictly discriminate each of wavelengths of wavelength-multiplied light with desired wavelength interval by synchronizing the transmitant central wavelength of scanning optical filter with the wavelength of a reference wavelength light.

CONSTITUTION: A reference wavelength light 1 outputted from a reference light source and a wavelength-multiplied light 2 to be monitored are multiplied by an optical coupler and are inputted into a scanning Fabry-Perot interferometer 77, then the outputted light is received by an optical detector 78. A waveform generator 12 outputs a multi-value step signal a generating based on the data of a constituent data accumulating section 13 and it is applied to the interferometer 77 through adders 14 and 15. The output from the detector 78 and a reference light b are inputted to a synchronous detector 17 and the detected output is inputted to a sample-and-hold circuit 19 through an LPF 18. An error signal f outputting from the circuit 19 is inputted to a selector 20 and the one of the outputs is added as a correction signal g to the signal a by the adder 14 through a correction circuit 21. The circuit 19, selector 20 and stretcher 22 are controlled for synchronization by a synchronous signal h form the generator 12.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-82554

(43) 公開日 平成8年(1996)3月26日

(51) Int. Cl. ⁶

G01J 9/02

// H04B 10/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H04B 9/00

K

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平6-217613

(22) 出願日 平成6年(1994)9月12日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 手島 光啓

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 今岡 淳

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 古賀 正文

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

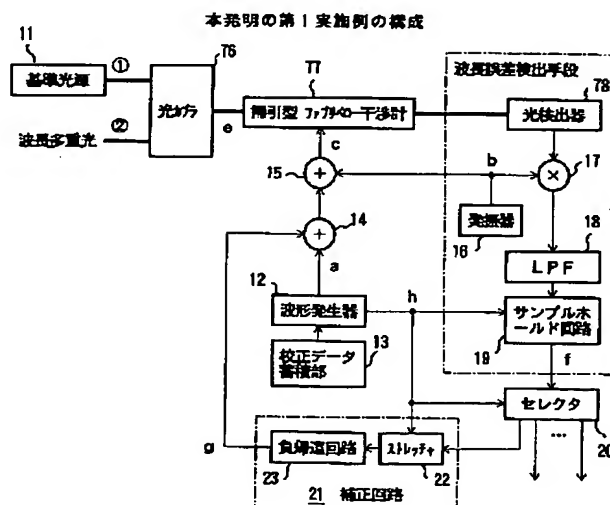
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長監視装置

(57) 【要約】

【目的】 波長多重光の各波長を高精度に監視する波長監視装置に関し、任意の波長間隔（周波数間隔）で多重された波長多重光の各波長を高精度かつ厳密に弁別する。

【構成】 所定の波長に安定化された基準波長光を出力する基準光源と、掃引型光フィルタに基準波長光を入力したときに波長誤差検出手段で検出される基準波長光に対する誤差信号を掃引型光フィルタに負帰還し、掃引型光フィルタの透過中心波長を基準波長光の波長に同期させる補正回路と、掃引型光フィルタの掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データを蓄積した校正データ蓄積部と、校正データに基づいて掃引型光フィルタの透過中心波長を波長多重光の波長間隔で掃引する多値ステップ信号を生成し、掃引型光フィルタの掃引信号として出力する波形発生器とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部から印加される掃引信号に応じて透過中心波長が掃引される掃引型光フィルタと、前記掃引型光フィルタに波長多重光を入力したときに、透過中心波長の掃引に応じて順次出力される透過光を受光し、その透過中心波長と波長多重光の相対波長誤差を検出する波長誤差検出手段とを備えた波長監視装置において、

所定の波長に安定化された基準波長光を出力する基準光源と、前記掃引型光フィルタに前記基準波長光を入力したときに前記波長誤差検出手段で検出される基準波長光に対する誤差信号を掃引型光フィルタに負帰還し、前記掃引型光フィルタの透過中心波長を前記基準波長光の波長に同期させる補正回路と、前記掃引型光フィルタの掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データを蓄積した校正データ蓄積部と、前記校正データに基づいて、前記掃引型光フィルタの透過中心波長を前記波長多重光の波長間隔で掃引する多値ステップ信号を生成し、前記掃引型光フィルタの掃引信号として出力する波形発生器とを備えたことを特徴とする波長監視装置。

【請求項 2】 外部から印加される掃引信号に応じて透過中心波長が掃引される掃引型光フィルタと、前記掃引型光フィルタに波長多重光を入力したときに、透過中心波長の掃引に応じて順次出力される透過光を受光し、その透過中心波長と波長多重光の相対波長誤差を検出する波長誤差検出手段とを備えた波長監視装置において、

所定の波長に安定化された基準波長光を出力する基準光源と、

前記掃引型光フィルタに前記基準波長光を入力したときに前記波長誤差検出手段で検出される基準波長光に対する誤差信号を掃引型光フィルタに負帰還し、前記掃引型光フィルタの透過中心波長を前記基準波長光の波長に同期させる補正回路と、

前記掃引型光フィルタの掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データおよびパワースペクトル量に対する波長を示した対応テーブルを蓄積した校正データ蓄積部と、

前記校正データに基づいて、前記掃引型光フィルタの透過中心波長を前記波長多重光の波長間隔で掃引する多値ステップ信号を生成し、前記掃引型光フィルタの掃引信号として出力する波形発生器とを備え、

前記波長誤差検出手段は、所定の周波数で変調された波長多重光に対する掃引型光フィルタの透過光を受光し、その電気信号から所定の周波数成分とその 2 倍の周波数成分に対応するパワースペクトル量を検出し、各パワースペクトル量から前記対応テーブルに基づいて前記相対波長誤差を検出する構成であることを特徴とする波長監視装置。

視装置。

【請求項 3】 外部から印加される鋸波掃引信号に応じて透過中心波長が掃引される掃引型光フィルタと、前記掃引型光フィルタに波長多重光を入力したときに、透過中心波長の掃引に応じて順次出力される透過光を受光し、その透過中心波長と波長多重光の相対波長誤差を検出する波長誤差検出手段とを備えた波長監視装置において、

所定の波長に安定化された基準波長光を出力する基準光源と、前記掃引型光フィルタに前記基準波長光を入力したときに前記波長誤差検出手段で検出される基準波長光に対する誤差信号を掃引型光フィルタに負帰還し、前記掃引型光フィルタの透過中心波長を前記基準波長光の波長に同期させる補正回路と、前記掃引型光フィルタの鋸波掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データを蓄積した校正データ蓄積部と、

前記校正データに基づいて、前記掃引型光フィルタの透過中心波長が前記波長多重光の波長間隔になるタイミングでパルス信号を発生するパルス発生器とを備え、前記波長誤差検出手段は、前記掃引型光フィルタの透過光のピークを示すパルス信号と前記パルス発生器から出力されるパルス信号とを時間軸上で比較し、その時間誤差を前記校正データに基づいて相対波長誤差に変換する構成であることを特徴とする波長変換装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】 本発明は、波長多重光の各波長を高精度に監視する波長監視装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 波長多重光の各波長を監視する従来の波長監視装置は、掃引型光フィルタ（例えば掃引型ファブリペロー干渉計）の透過中心波長を時間的に掃引し、波長誤差を時間領域に変換して波長弁別を行う構成になっている。以下、その代表的な 2 つの構成例を示す。

【 0 0 0 3 】 図 1 0 は、従来の波長監視装置の第 1 の構成例を示す（H.Toba et al., "Amulti-channel laser diode frequency stabilizer for narrowly spaced optical frequency-division-multiplexing transmission", Journal of Optical Communication, Vol.9, No. 2, pp.50-54, 1988）。

【 0 0 0 4 】 図において、基準光源 7 1 の出力光は光カプラ 7 2 でその一部分が分岐され、所定の透過中心波長を有する光フィルタ 7 3 を介して光検出器 7 4 に受光される。制御回路 7 5 は光検出器 7 4 の出力が最大になるように基準光源 7 1 を制御し、基準光源 7 1 の波長を光フィルタ 7 3 の透過中心波長に安定化する。これにより、基準光源 7 1 から安定した波長の基準波長光①が出力される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】基準波長光①と波長多重光②は、光カプラ 7 6 で多重されて掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 に入力される。掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 は、圧電素子に鋸波掃引信号を印加して共振器長を変化させ、透過中心波長を掃引する構成になっている。掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長が掃引されると、その透過中心波長に一致する波長の光が順次光検出器 7 8 に受光される。光検出器 7 8 で検出される光強度の時間波形を図 1 1 に示す。横軸は時間と波長が対応し、 λ_1 は基準波長光①に対応するパルスを示し、 $\lambda_2 \sim \lambda_n$ は波長多重光②の正規の波長に対応するパルスを示す。いま、波長多重光②の k 番目の波長が正規の波長 λ_k から $\Delta \lambda_k$ だけずれているとすると、パルスの発生時間が ΔT_k だけずれる。したがって、基準波長光①に対応するパルスの発生時間を基準に、波長多重光②の各波長に対応するパルスの発生時間を監視することにより、各波長誤差を相対的に算出することができる。

【 0 0 0 6 】ここでは、光検出器 7 8 から出力されるパルス波形を A/D 変換器 7 9 でデジタル波形に変換して演算処理部 8 0 に入力する。演算処理部 8 0 では各パルスの発生時間を監視し、波長多重光②の各波長について基準波長光①を基準にした相対的な誤差信号を出力する。セレクタ 8 1 は、波長多重光②の各波長に対応する誤差信号を順次切り替えて出力する。なお、この誤差信号を波長多重光②の各光源に負帰還し、その注入電流または温度を制御することにより波長多重光②の波長安定化を図ることができる。

【 0 0 0 7 】図 1 2 は、従来の波長監視装置の第 2 の構成例を示す（水落、その他、「2 電極 MQW DFB-LD を用いた 622Mbit/s-16ch FDM コヒーレント光伝送システム」、信学論 B-I, Vol. J77-B-I, No. 5, pp. 294-303, 1994）。

【 0 0 0 8 】図において、光カプラ 7 6、掃引型ファブリペロー干渉計 7 7、光検出器 7 8、セレクタ 8 1 は、図 1 0 に示すものと同様の機能を有する。8 2 は発振器、8 3 は鋸波発生器、8 4 は加算器、8 5 は微分器、8 6 はサンプリング回路、8 7 は同期検波器、8 8 はサンプルホールド回路である。

【 0 0 0 9 】基準波長光①と波長多重光②は、光カプラ 7 6 で多重されて掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 に入力される。掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 は、発振器 8 2 に同期した鋸波発生器 8 3 で発生する鋸波（図 1 3 (a)）で掃引され、その透過中心波長に一致する波長の光が光検出器 7 8 に受光される。光検出器 7 8 の出力パルス（図 1 3 (b)）は、微分器 8 5 でそのピーク位置が微分検出され（図 1 3 (c)）、サンプリング回路 8 6 でそのピーク位置に対応するサンプリングパルス（図 1 3 (d)）に変換される。このサンプリングパルスと発振器 8 2 の出力信号（図 1 3 (e)）は同期検波器 8 7 に入力され、その出力がサンプルホールド回路 8 8 に入力される。鋸波

（図 1 3 (a)）と発振器 8 2 の出力信号（図 1 3 (e)）は同期しているので、サンプリングパルス（図 1 3 (d)）で発振器 8 2 の出力信号（図 1 3 (e)）の位相を検波し、サンプルホールド回路 8 8 でその検波出力を保持することにより誤差信号（図 1 3 (f)）を得ることができる。セレクタ 8 1 は、基準波長光①および波長多重光②の各波長に対応する誤差信号を順次切り替えて出力する。

【 0 0 1 0 】基準波長光①に対応する誤差信号は、加算器 8 4 で鋸波発生器 8 3 から出力される鋸波に加算して掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 に印加され、基準波長光①に対応する光検出器 7 8 の出力パルスの位置が鋸波のバイアス点になるように制御される。これにより、掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長を基準波長光①の波長に安定化することができ、周辺温度の変動に対する温度補償機能をもたせることができる。

【 0 0 1 1 】また、波長多重光②の各波長に対応する誤差信号を波長多重光②の各光源に負帰還し、その注入電流または温度を制御することにより波長多重光②の波長安定化を図ることができる。

【 0 0 1 2 】以上示した 2 つの従来構成に用いられる掃引型ファブリペロー干渉計は、圧電素子によって共振器長を掃引する機構が必要であるものの比較的簡単な光学回路で実現できる。また、掃引型ファブリペロー干渉計の透過中心波長および通過帯域幅を適宜選択することにより、所望の分解能で広範囲の波長変化を監視できる利点がある。

【 0 0 1 3 】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来構成では、掃引型ファブリペロー干渉計の圧電素子に印加する電圧に対して、圧電素子の変位量および透過中心波長が比例するものとしている。しかし、実際には図 1 4 (1) に示すように、圧電素子の変位量は印加電圧に比例せず、ヒステリシスを有する。したがって、圧電素子の変位量に対応する透過中心波長を等間隔に設定しようとする、印加電圧は等間隔（ $V_1 \sim V_n$ ）にならず、図 1 4 (2) に破線で示す補正電圧（ $V_1' \sim V_n'$ ）を印加する必要があった。

【 0 0 1 4 】すなわち、従来構成のように掃引電圧が鋸波による直線的な波形では、透過中心波長を直線的に掃引することができない。したがって、同一クロックに同期したサンプリングを実施している従来構成では、広範囲な波長範囲で厳密な波長弁別が困難であり、任意の波長間隔で多重された波長多重光の高確度な監視が不可能であった。

【 0 0 1 5 】また、ファブリペロー干渉計を用いた構成では、基準波長光の波長を基準に波長多重光の各波長変化を相対的に監視することができるが、基準波長光の波長が厳密に安定化されていないために絶対波長の測定が困難であった。

【 0 0 1 6 】本発明は、任意の波長間隔（周波数間隔）

で多重された波長多重光の各波長を高確度かつ厳密に弁別することができる波長監視装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の波長監視装置は、外部から印加される掃引信号に応じて透過中心波長が掃引される掃引型光フィルタと、掃引型光フィルタに波長多重光を入力したときに、透過中心波長の掃引に応じて順次出力される透過光を受光し、その透過中心波長と波長多重光の相対波長誤差を検出する波長誤差検出手段と、所定の波長に安定化された基準波長光を出力する基準光源と、掃引型光フィルタに基準波長光を入力したときに波長誤差検出手段で検出される基準波長光に対する誤差信号を掃引型光フィルタに負帰還し、掃引型光フィルタの透過中心波長を基準波長光の波長に同期させる補正回路と、掃引型光フィルタの掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データを蓄積した校正データ蓄積部と、校正データに基づいて掃引型光フィルタの透過中心波長を波長多重光の波長間隔で掃引する多値ステップ信号を生成し、掃引型光フィルタの掃引信号として出力する波形発生器とを備える。

【0018】請求項2に記載の波長監視装置は、同様の掃引型光フィルタ、基準光源および補正回路と、掃引型光フィルタの掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データおよびパワースペクトル量に対する波長を示した対応テーブルを蓄積した校正データ蓄積部と、校正データに基づいて掃引型光フィルタの透過中心波長を波長多重光の波長間隔で掃引する多値ステップ信号を生成し、掃引型光フィルタの掃引信号として出力する波形発生器と、所定の周波数で変調された波長多重光に対する掃引型光フィルタの透過光を受光し、その電気信号から所定の周波数成分とその2倍の周波数成分に対応するパワースペクトル量を検出し、各パワースペクトル量から対応テーブルに基づいて相対波長誤差を検出する波長誤差検出手段とを備える。

【0019】請求項3に記載の波長監視装置は、同様の基準光源および補正回路と、外部から印加される鋸波掃引信号に応じて透過中心波長が掃引される掃引型光フィルタと、掃引型光フィルタの鋸波掃引信号と透過中心波長との関係を示す校正データを蓄積した校正データ蓄積部と、校正データに基づいて掃引型光フィルタの透過中心波長が波長多重光の波長間隔になるタイミングでパルス信号を発生するパルス発生器と、掃引型光フィルタの透過光のピークを示すパルス信号とパルス発生器から出力されるパルス信号とを時間軸上で比較し、その時間誤差を校正データに基づいて相対波長誤差に変換する波長誤差検出手段とを備える。

【0020】

【作用】請求項1～3の波長監視装置は、所定の波長に安定化された基準波長光に掃引型光フィルタの透過中心

波長を制御することにより、絶対波長に同期した波長弁別動作が可能となる。

【0021】また、請求項1、2の波長監視装置は、掃引型光フィルタの印加電圧に対する透過中心波長変化の非直線性を補正する校正データに基づいて多値ステップ信号を生成し、掃引型光フィルタの透過中心波長を掃引することにより、その透過中心波長を波長多重光の各波長間隔に正確に設定することができる。したがって、掃引型光フィルタの出力光から波長多重光の波長誤差を高確度で弁別することができる。

【0022】請求項2の波長監視装置では、波長多重光の波長が掃引型光フィルタの透過中心波長に一致しているときには変調周波数の2倍周波数成分が観測され、変調周波数の最大偏移量以上ずれたときには変調周波数成分が観測される。この両者のパワースペクトル量を検出することにより、校正データ蓄積部の対応テーブルを参照して波長多重光の波長誤差を弁別することができる。

【0023】請求項3の波長監視装置は、鋸波掃引信号で掃引される掃引型光フィルタの透過中心波長が波長多重光の波長間隔になるように補正した時間軸上で、掃引型光フィルタの透過光を監視することにより、波長多重光の波長誤差を高確度で弁別することができる。

【0024】なお、本発明の波長監視装置で得られた波長誤差信号を波長多重光の各波長に対応した光源に負帰還し、その注入電流または温度を制御することにより、波長（光周波数）の安定化を図ることができる。

【0025】

【実施例】

（第1実施例）図1は、本発明の第1実施例の構成を示す（請求項1）。本実施例では、掃引型光フィルタとして掃引型ファブリペロー干渉計を用いた構成を示す。

【0026】図において、基準光源11から出力される基準波長光①と監視対象の波長多重光②は、光カプラ76で多重されて掃引型ファブリペロー干渉計77に入力され、その出力光が光検出器78に受光される。波形発生器12は、校正データ蓄積部13のデータに応じて生成した多値ステップ信号aを出力し、加算器14、15を介して掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長掃引端子に印加する。加算器15では、多値ステップ信号aに発振器16から出力される参照信号bを加算して掃引信号cが生成される。光検出器78の出力と参照信号bは同期検波器17に入力され、その検波出力はローパスフィルタ（LPF）18を介してサンプルホールド回路19に入力される。光検出器78、発振器16、同期検波器17、ローパスフィルタ18、サンプルホールド回路19により波長誤差検出手段が構成される。サンプルホールド回路19から出力される誤差信号fはセレクタ20に入力され、その1出力が補正回路21に入力される。補正回路21はストレッチャ22と負帰還回路23で構成され、負帰還回路23から出力される補正

信号gが加算器14で多値ステップ信号aに加算される。サンプルホールド回路19、セクタ20およびストレッチャ22は、波形発生器12から出力される同期信号hによって同期制御される。

【0027】本実施例の特徴は、基準光源11が原子あるいは分子の吸収線に安定化した波長をもつ基準波長光①を出力するところにある。さらに、掃引型ファブリペロー干渉計77の印加電圧と透過中心波長との関係を予め測定し、掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長が所定の波長間隔になるような校正データ蓄積部13に記憶し、波形発生器12がこの校正データに基づく多値ステップ信号aを出力するところにある。

【0028】ここで、基準光源11の構成例を図2に示す。なお、本構成は文献(Y.Saka et al., "Frequency stabilization of laser diodes using 1.51-1.55 μ m absorption lines of $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$ and $^{13}\text{C}_4\text{H}_2$ ", IEEE J. Quantum Electron, Vol. 28, No. 1, pp. 75-81, 1992)に記載されているものである。

【0029】図において、温度安定化された半導体レーザ31には、直流電源32から供給されるバイアス電流に発振器33から出力される変調信号を重畳して印加される。この変調信号により周波数変調された半導体レーザ31の出力光は、 C_2H_2 ガスセル34を介して光検出器35に受光される。光検出器35の出力は、同期検波器36で変調信号により検波され、ガス(分子)の吸収線のピークの1つとの波長誤差が検出される。この誤差信号を制御回路37によって半導体レーザ31に負帰還することにより、半導体レーザ31の発振波長をガス(分子)の吸収線の波長に長期にわたって安定化することができる。

【0030】以下、図3を参照して本実施例の動作について説明する。掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長は、多値ステップ信号aに参照信号bを重畳した掃引信号cによって掃引される。これにより、透過中心波長は基準波長光①および波長多重光②の所定の波長間隔で変移し、かつ参照信号bに応じて正弦波状に変化する(図3(d))。ここで、図3(e)に示すように監視対象の波長多重光②が所定の波長間隔(破線)からずれているとすると、光検出器78には各透過中心波長との相対的なずれに対応する光が順次受光される。この光検出器78の出力を同期検波器16で参照信号bによって同期検波し、ローパスフィルタ17を介してサンプルホールド回路18で処理することにより、図3に示すような誤差信号fを得ることができる。この誤差信号fは、セクタ20で基準波長光①および波長多重光②の各波長に対応する誤差信号に分離される。

【0031】基準波長光①に対応する誤差信号は補正回路21のストレッチャ22に入力され、多値ステップ信号aの1周期に相当する時間だけ伸長されて負帰還回路

23に入力される。負帰還回路23で生成された補正信号gは、加算器14で多値ステップ信号aに重畳されて掃引型ファブリペロー干渉計77に負帰還される。これにより、掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長を基準波長光①に合わせて安定化することができ、周辺温度の変動による透過中心波長の変化にも対応することができる。さらに、基準波長光①の波長が上述したように極めて高精度に安定化されているので、掃引型ファブリペロー干渉計77を絶対波長に同期した波長弁別器とすることができる。

【0032】また、波形発生器12は、掃引型ファブリペロー干渉計77の印加電圧に対する透過中心波長変化の非直線性を補正する校正データに基づいて多値ステップ信号aを生成し、掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長を掃引する。したがって、その透過中心波長を監視対象となる波長多重光②の各波長間隔に正確に設定することができる。

【0033】このように、本実施例では掃引型ファブリペロー干渉計77の基準となる透過中心波長を絶対波長に同期させ、さらに透過中心波長を所定の波長間隔で正確に掃引することができるので、監視対象の波長多重光②の波長誤差を高確度に弁別することができる。

【0034】(第2実施例)図4は、本発明の第2実施例の構成を示す(請求項2)。本実施例では、掃引型光フィルタとして掃引型ファブリペロー干渉計を用いた構成を示す。

【0035】図において、基準光源11から出力される基準波長光①と監視対象の波長多重光②は、光カプラ76で多重されて掃引型ファブリペロー干渉計77に入力され、その出力光が光検出器78に受光される。ここで、波長多重光②は所定の周波数 f_1 で変調されているものとする。波形発生器12は、校正データ蓄積部41のデータに応じて生成した多値ステップ信号aを出力し、加算器14を介して掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長掃引端子に印加する。光検出器78の出力は2分岐され、それぞれ中心周波数 f_1 、 $2f_1$ のバンドパスフィルタ(BPF)42-1、42-2に入力される。各バンドパスフィルタの出力は判定器43に入力され、校正データ蓄積部41の蓄積情報に基づく演算処理により誤差信号fを出力する。光検出器78、バンドパスフィルタ42-1、42-2および判定器43により波長誤差検出手段が構成される。判定器43は、図5に示すように、各バンドパスフィルタに対応する2乗検波器44-1、44-2、積分器45-1、45-2、A/D変換器46-1、46-2と、演算器47により構成される。

【0036】判定器43の出力は、D/A変換器48を介してセクタ20に入力され、その1出力が補正回路21に入力される。補正回路21から出力される補正信号gは、加算器14で多値ステップ信号aに加算され

る。セクタ 2 0 および補正回路 2 1 は、波形発生器 1 2 から出力される同期信号 h によって同期制御される。

【0 0 3 7】本実施例の主要な特徴は、第 1 実施例と同様に、基準波長光①が原子あるいは分子の吸収線に安定化され、さらに波形発生器 1 2 から出力される多値ステップ信号 a によって掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長を所定の波長間隔で掃引するところにある。

【0 0 3 8】本実施例と第 1 実施例との相違点は波長誤差検出法にある。本実施例の校正データ蓄積部 4 1 に
10 は、多値ステップ信号 a の生成に用いる校正データとともに、パワースペクトル量と波長を対応させた対応テーブルが蓄積される。そして、波長多重光②を所定の周波数 f_i で変調する。以下、本実施例における波長誤差検出動作について説明する。

【0 0 3 9】掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 は、第 1 実施例と同様にして透過中心波長が掃引される。ここで、波長多重光②の波長が掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長に一致しているときには、図 6 (1) に示すような変調周波数の 2 倍周波数 $2 f_i$ の光強度変調光が出力される。一方、波長多重光②の波長が変調周波数の最大偏移量以上ずれたときには、図 6 (2) に示すような周波数 f_i の光強度変調光が出力される。2 つのバンドパスフィルタ 4 2 - 1, 4 2 - 2 は、各中心周波数 f_i , $2 f_i$ におけるパワースペクトルに相当する電気信号を出力する。判定器 4 3 の 2 乗検波器 4 4 - 1, 4 4 - 2、積分器 4 5 - 1, 4 5 - 2 は、各バンドパスフィルタの出力を周波数 f_i , $2 f_i$ の各パワースペクトルの大きさに変換する。このパワースペクトル量を A/D 変換器 4 6 - 1, 4 6 - 2 を介して演算器 4 7 に入力
20 し、校正データ蓄積部 4 1 の対応テーブルを参照して所定の波長からの波長誤差量に変換する。このようにして誤差信号 f を生成することができ、第 1 実施例と同様にセクタ 2 0 で基準波長光①および波長多重光②の各波長に対応する誤差信号に分離される。

【0 0 4 0】なお、本実施例においても、掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の基準となる透過中心波長を絶対波長に同期させ、さらに透過中心波長を所定の波長間隔で正確に掃引することができるので、監視対象の波長多重光②の波長誤差を高確度で弁別することができる。
40

【0 0 4 1】(第 3 実施例) 図 7 は、本発明の第 3 実施例の構成を示す(請求項 3)。本実施例では、掃引型光フィルタとして掃引型ファブリペロー干渉計を用いた構成を示す。

【0 0 4 2】図において、基準光源 1 1 から出力される基準波長光①と監視対象の波長多重光②は、光カプラ 7 6 で多重されて掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 に入力され、その出力光が光検出器 7 8 に受光される。鋸波発生器 5 1 は鋸波掃引信号 i を出力し、加算器 1 4 を介して掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長掃引
50

端子に印加する。パルス発生器 5 3 は、校正データ蓄積部 5 4 のデータに応じて鋸波掃引信号 i に同期したパルス信号 j を出力する。このパルス信号 j と光検出器 7 8 から出力されるパルス信号 k が時間間隔比較器 5 5 に入力される。時間間隔比較器 5 5 の出力は演算器 5 6 に入力され、校正データ蓄積部 5 4 の蓄積情報に基づく演算処理により誤差信号 f を出力する。光検出器 7 8, パルス発生器 5 3, 校正データ蓄積部 5 4, 時間間隔比較器 5 5, 演算器 5 6 により波長誤差検出手段が構成される。

【0 0 4 3】パルス発生器 5 3 は、図 8 に示すように、鋸波掃引信号 i と校正データ蓄積部 5 4 のデータとを比較する n 個の判別器 6 1 - 1 ~ 6 1 - n と、n 個の微分器 6 2 - 1 ~ 6 2 - n と、各微分器の出力を加算する加算器 6 3 により構成される。

【0 0 4 4】時間間隔比較器 5 5 は、図 9 に示すように、発振器 6 4 と、パルス信号 j およびパルス信号 k と発振器 6 4 の出力とを比較するカウンタ 6 5 - 1, 6 5 - 2 と、各カウンタ出力の差をとる減算器 6 6 とにより構成される。

【0 0 4 5】演算器 5 6 の出力は、D/A 変換器 5 7 を介してセクタ 5 8 に入力され、その 1 出力が補正回路 5 9 に入力される。補正回路 5 9 から出力される補正信号 g は、加算器 1 4 で鋸波掃引信号 i に加算される。セクタ 5 8 は、パルス発生器 5 3 から出力されるパルス信号 j によって同期制御される。

【0 0 4 6】本実施例の特徴は、基準光源 1 1 が原子あるいは分子の吸収線に安定化した波長をもつ基準波長光①を出力するところにある。さらに、鋸波掃引信号 i に対する掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長データを蓄積し、光検出器 7 8 の出力信号を透過中心波長データに基づいて補正した時間軸上で監視し、波長多重光②の波長誤差を検出するところにある。

【0 0 4 7】以下、本実施例の動作について説明する。掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長は鋸波掃引信号 i によって掃引され、その透過中心波長に一致する波長の光が順次光検出器 7 8 に受光される。一方、校正データ蓄積部 5 4 は、鋸波掃引信号 i に対する掃引型ファブリペロー干渉計 7 7 の透過中心波長データを蓄積している。ここでは、表 1 に示すように、時間間隔比較器 5 5 の発振器 6 4 のパルス番号に対応させて蓄積される。

【0 0 4 8】

【表 1】

パルス番号	鋸波掃引信号電圧値	透過中心波長
1	V_1	λ_1
2	V_2	λ_2
3	V_3	λ_3
\vdots	\vdots	\vdots
n	V_n	λ_n

【0049】パルス発生器53の判別器61-1~61-nには、校正データ蓄積部54のデータに基づいて、所定の波長に対応する鋸波掃引信号電圧値が閾値設定される。したがって、各判別器の出力を微分処理することにより、鋸波掃引信号iに同期して所定の波長間隔に対応する時刻にパルスが発生する。各パルスを加算器63を介して出力することにより、所定の波長間隔を示すパルス信号jを生成することができる。一方、光検出器78から出力されるパルス信号kは、波長多重光②が掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長に一致したときに発生するので、パルス信号jとパルス信号kの時間間隔から波長誤差を検出することができる。ここでは、時間間隔比較器55のカウンタ65-1、65-2でパルス信号jとパルス信号kを計数し、減算器66で各計数値が比較され、演算器56で所定の波長に対応するパルス番号と計数比較された計数値から波長誤差が算出される。この波長誤差量がD/A変換器57でアナログ量に変換され、パルス信号jに同期したセレクト58で基準波長光①および波長多重光②の各波長に対応する誤差信号に分離される。

【0050】基準波長光①に対応する誤差信号は、補正回路59で1掃引周期に伸長して補正信号gとなり、加算器14で鋸波掃引信号iに重畳されて掃引型ファブリペロー干渉計77に負帰還される。これにより、掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長を基準波長光①に合わせて安定化することができ、周辺温度の変動による透過中心波長の変化にも対応することができる。さらに、基準波長光①の波長が上述したように極めて高精度に安定化されているので、掃引型ファブリペロー干渉計77を絶対波長に同期した波長弁別器とすることができる。

【0051】また、時間間隔比較器55では、掃引型ファブリペロー干渉計77の印加電圧と透過中心波長の非直線性を補償するパルス信号jにより光検出器78の出力を監視する。これにより、掃引型ファブリペロー干渉計77の透過中心波長が鋸波掃引信号iによって非直線的に掃引されても、波長多重光②の各波長間隔で正確に波長誤差を検出することができる。

【0052】このように、本実施例では掃引型ファブリペロー干渉計77の基準となる透過中心波長を絶対波長に同期させ、さらに光検出器78の出力信号を透過中心波長データに基づいて補正した時間軸上で監視すること

ができるので、監視対象の波長多重光②の波長誤差を高精度に弁別することができる。

【0053】なお、以上の各実施例では波長多重光の波長弁別について説明したが、光周波数弁別についても同様に説明することができる。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の波長監視装置は、所定の波長に安定化された基準波長光に同期した掃引型光フィルタを用いることにより、波長多重光の波長弁別を絶対波長で行うことができる。また、周辺温度の変動による掃引型光フィルタの透過中心波長の変化にも対応できるので、掃引型光フィルタの波長精度を高めることができる。

【0055】また、掃引型光フィルタの透過中心波長を波長多重光の各波長間隔で掃引することができるので、掃引型光フィルタの出力光から波長多重光の波長誤差を高精度に検出することができる。

【0056】また、掃引型光フィルタを鋸波掃引信号で掃引しても、その透過中心波長が波長多重光の波長間隔になるように補正した時間軸上で波長弁別を行うことにより、波長多重光の波長誤差を高精度に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の構成を示すブロック図。

【図2】基準光源11の構成例を示すブロック図。

【図3】第1実施例の動作例を示す図。

【図4】本発明の第2実施例の構成を示すブロック図。

【図5】判定器43の構成例を示すブロック図。

【図6】掃引型ファブリペロー干渉計77の出力光とその周波数スペクトルを示す図。

【図7】本発明の第3実施例の構成を示すブロック図。

【図8】パルス発生器53の構成例を示すブロック図。

【図9】時間間隔比較器55の構成例を示すブロック図。

【図10】従来の波長監視装置の第1の構成例を示すブロック図。

【図11】光検出器78で検出される光強度の時間波形を示す図。

【図12】従来の波長監視装置の第2の構成例を示すブロック図。

【図13】従来の波長監視装置の第2の構成例の動作を説明する図。

【図14】掃引型ファブリペロー干渉計の印加電圧と圧電素子の変位量および透過中心波長の関係を示す図。

【符号の説明】

11 基準光源

12 波形発生器

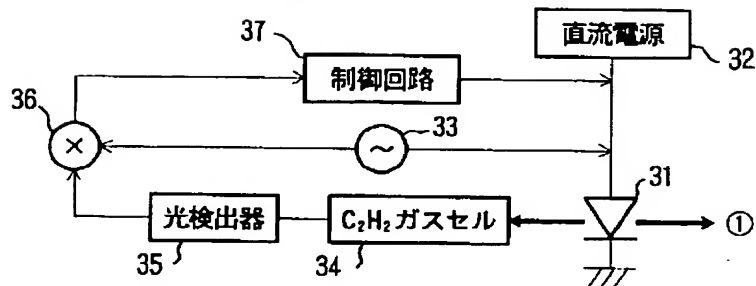
13, 41, 54 校正データ蓄積部

14, 15 加算器

16 発振器

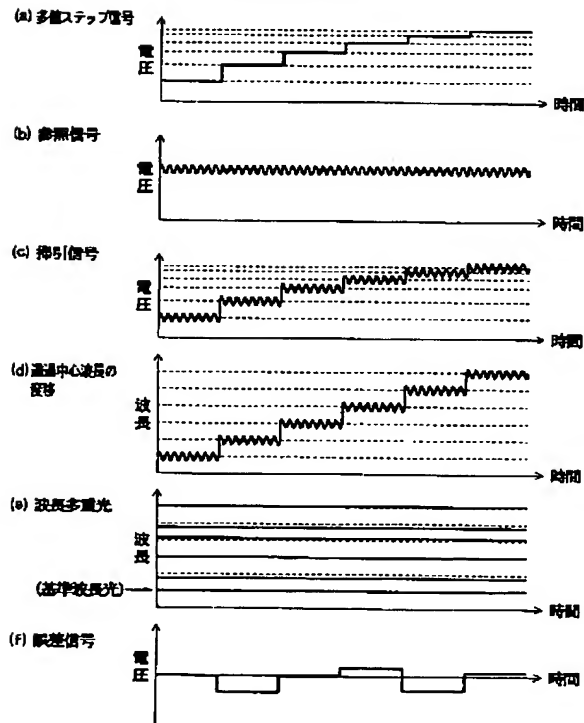
【図 2】

基準光源11の構成例



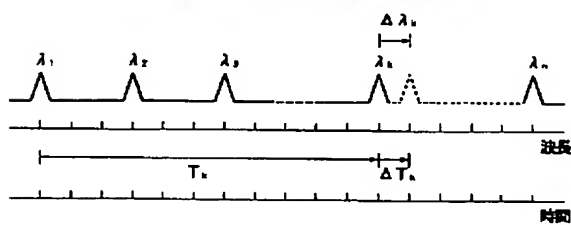
【図 3】

第1実施例の動作例



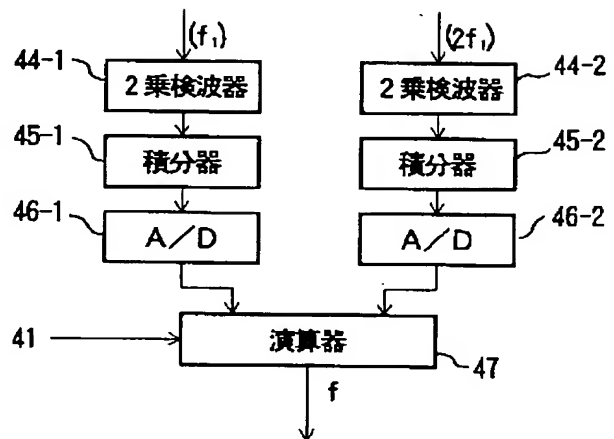
【図 11】

光検出器78で検出される光強度の時間波形



【図 5】

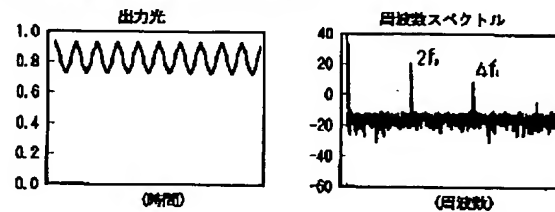
判定器43の構成例



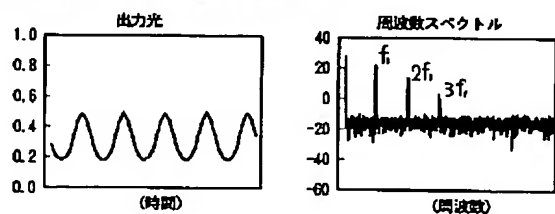
【図 6】

掃引型ファブリペロー干渉計77の出力光とその周波数スペクトル

(1) 波長多重光②の波長が通過中心波長に一致

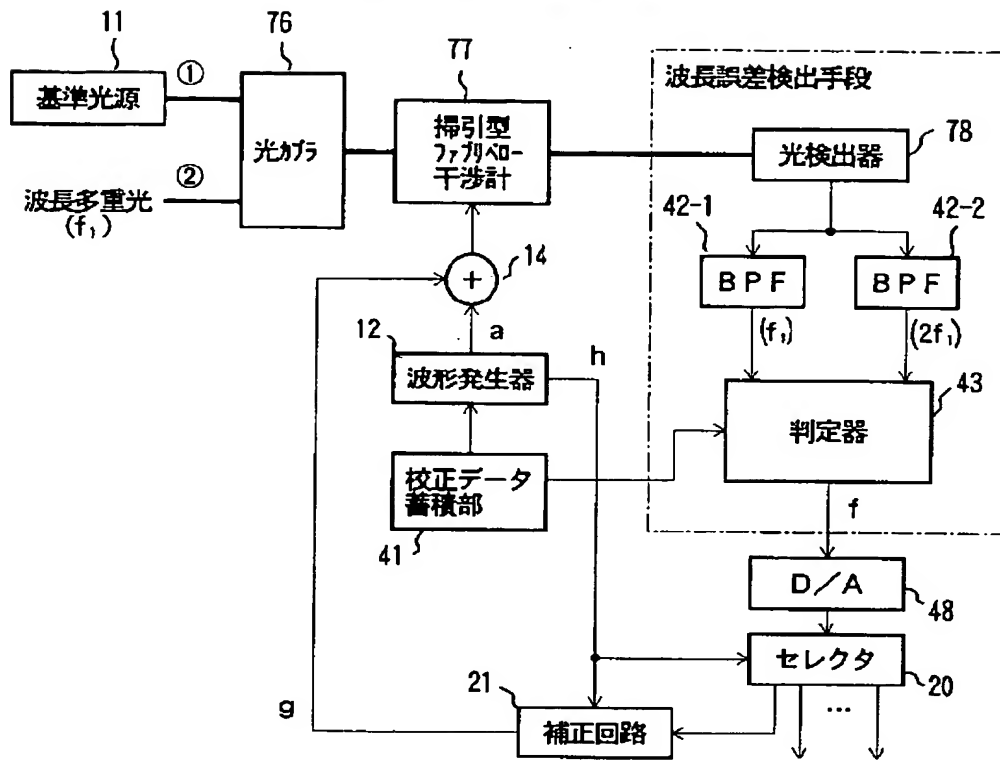


(2) 波長多重光②の波長が通過中心波長に不一致



【図 4】

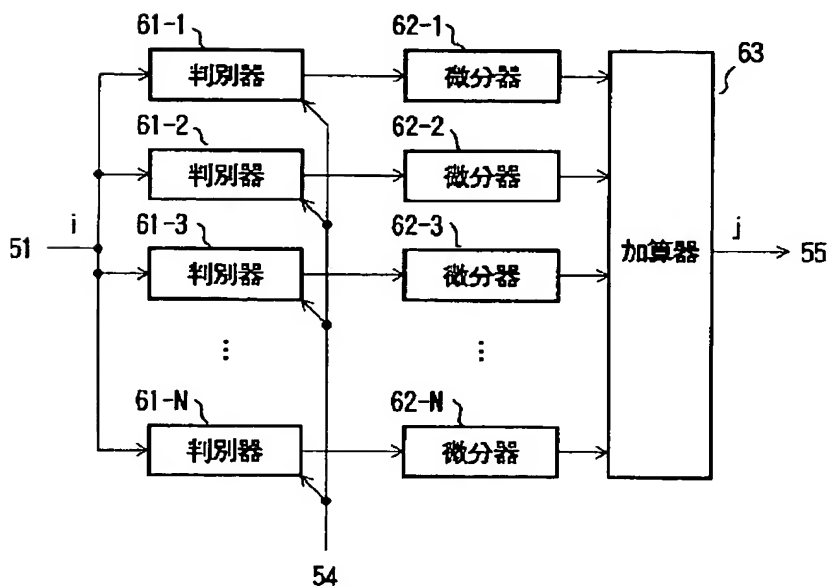
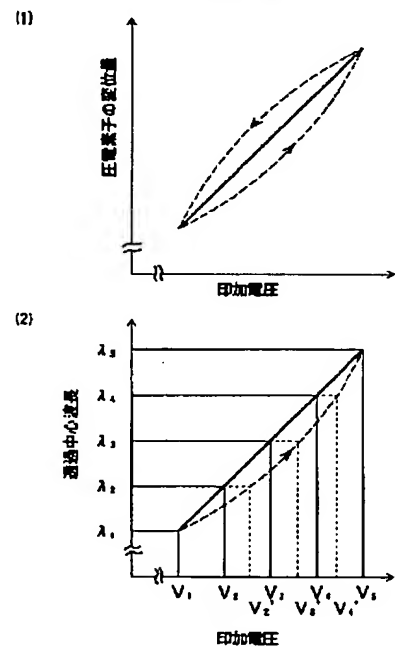
本発明の第 2 実施例の構成



【図 8】

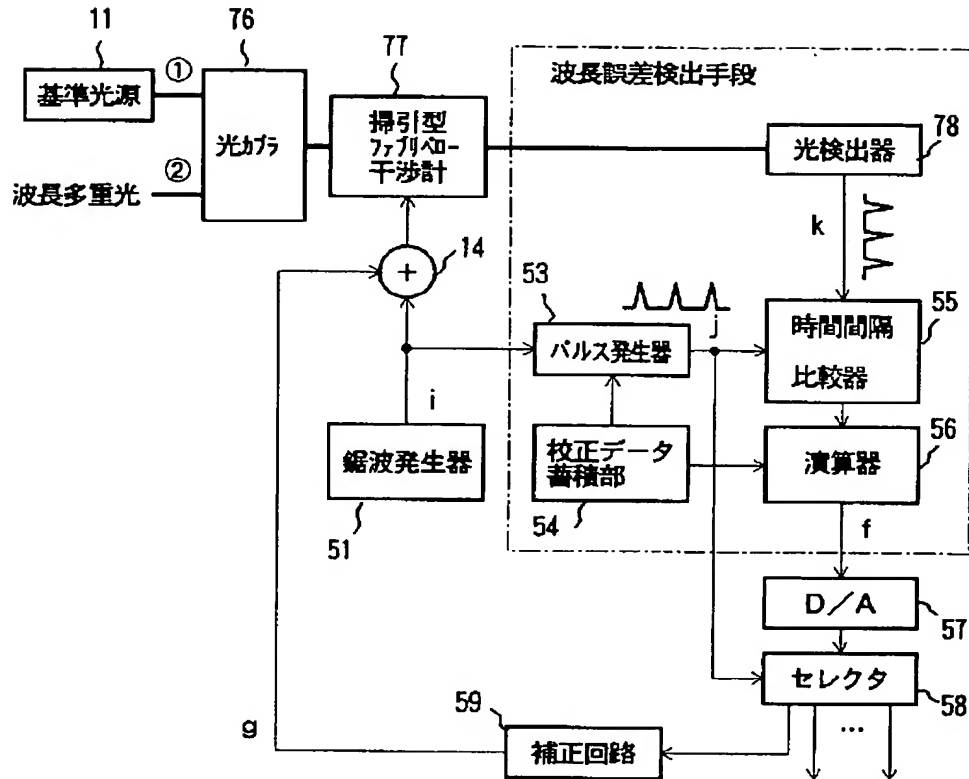
【図 1 4】

パルス発生器 53 の構成例

掃引型ファブリペロー干渉計の印加電圧と
圧電素子の変位量および透過中心波長の関係

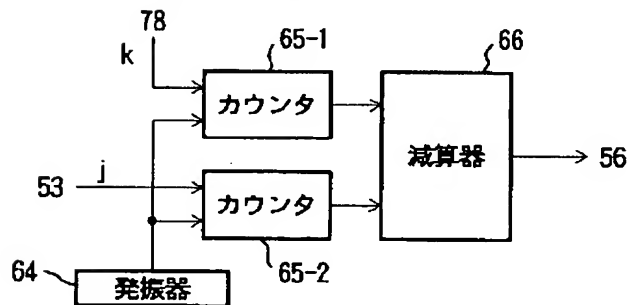
【図 7】

本発明の第 3 実施例の構成



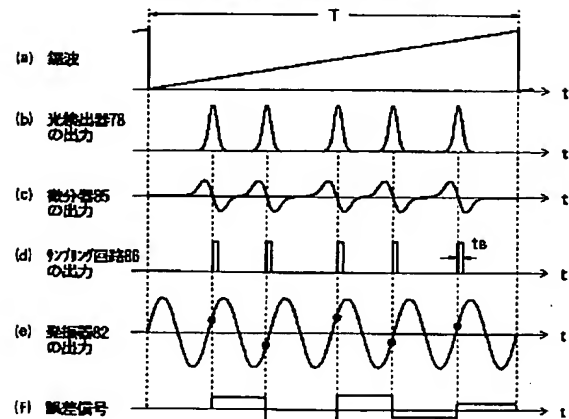
【図 9】

時間間隔比較器 55 の構成例



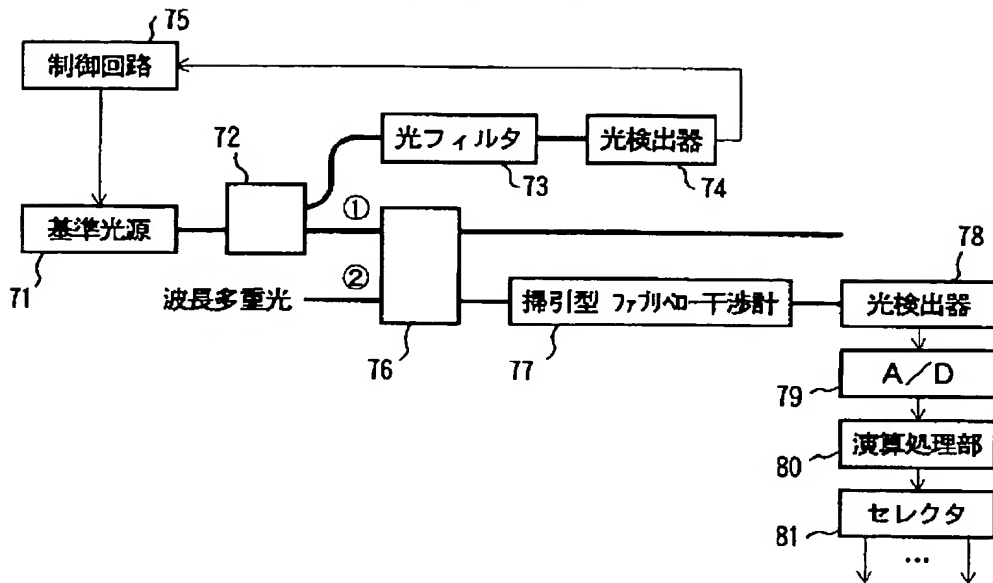
【図 13】

従来の波長監視装置の第 2 の構成例の動作



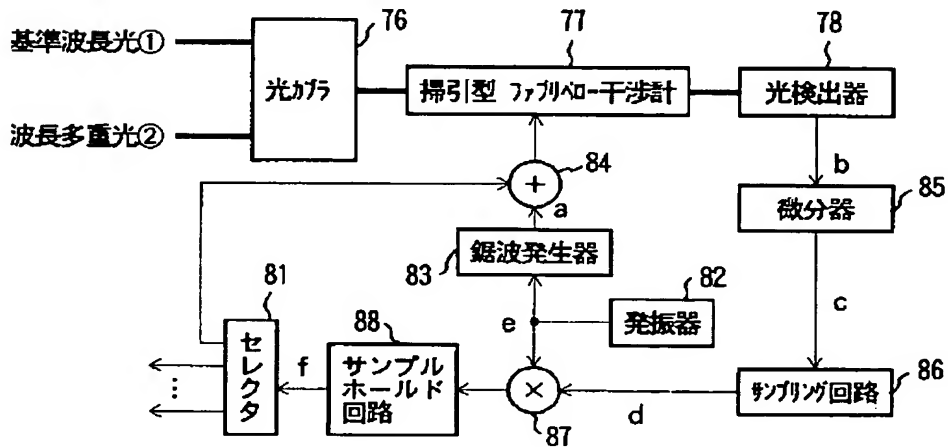
【図 10】

従来の波長監視装置の第 1 の構成例



【図 12】

従来の波長監視装置の第 2 の構成例



フロントページの続き

(72)発明者 木原 雅巳
 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
 本電信電話株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.